Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 3, Fall 2022, p. 549-562

Evaluation of Some Physical Properties of Sixteen Iranian Indigenous Barberry Genotypes

M. Khodabandeh[1], M. Azizi[2*], A. Balandari[3], H. Arouiee[4]

Received: 31-05-2016 Revised: 26-10-2016 Accepted: 21-12-2016 Available Online: 25-11-2022	**How to cite this article:** Khodabandeh, M., Azizi, M., Balandari, A., & Arouiee, H. (2022). Evaluation of Some Physical Properties of Sixteen Iranian Indigenous Barberry Genotypes. *Journal of Horticultural Science 36*(3): 549-562. (In Persian with English abstract) **DOI**: 10.22067/jhs.2021.58409.0

Introduction

Barberries are a broad class of spiny evergreen or deciduous shrubs belonging to the *Berberidaceae* family. They are of great importance due to their different parts' nutritional and medicinal properties and their ornamental applications. Genus *Berberis*, the biggest genus in *Berberidaceae*, includes more than 660 species. Barberry grows in Asia and Europe and has been used extensively as a medicinal plant in traditional medicine. In Iranian traditional medicine, several properties, such as antibacterial, antipyretic, antipruritic and antiarrhythmic, have been reported with unknown mechanisms of action. Incredible structural diversity among barberries' active components makes them a valuable source of novel therapeutic compounds. Seedless barberry (*Berberis integerrima* 'Asperma') is one of Iran's valuable indigenous medicinal plants. Common asexual propagation of this plant over the years and consequently low genetic diversity in populations of the seedless barberry restricts selection outcomes in breeding programs. Utilizing the indigenous wild genotypes of the barberry genus, which are easily able to cross-pollinate, is one of the best methods to increase genetic diversity. Accordingly, several wild seedy barberry genotypes were identified from all over Iran, collected and established in a collection in Mashhad; then, 16 genotypes were selected and their physical properties were studied.

Materials and Methods

In this study, ripe fruits of sixteen unique genotypes (i.e., Iranian seedless barberry and fifteen seedy genotypes) were harvested in October- November 2015 and kept in a refrigerator in order to measure some of their physical properties in fresh fruits (berry dimension, 100-berry weight, juice content and color indices). For other properties, fruits were dried at room temperature. Fruit cluster length was measured by means of a ruler, the number of berries/cluster and the number of set/aborted seeds in berry by counting, berry dimensions by a digital caliper, weight of fresh and dried 100-berry, percentage of pulp and seed as well as fruit juice content by a scale with 0.001 accuracy. Moisture content was determined using an oven with 75 ºC temperature for 48 hours. Color indices, including L*, a* and b*, were measured using a portable colorimeter (Konica Minolta Chroma Meters CR-410). This study was performed using a completely randomized design with three replications. Data were analyzed by Minitab software version 16 using analysis of variance (ANOVA), and differences among means were determined for significance at $p<0.05$ using the Bonferroni test.

Results and Discussion

The results indicated significant differences among genotypes. Based on the results, cluster length ranged between 1.67cm (code 5-3) and 6.29 cm (code 10-1); moisture content was between 8.20% and 11.84% in genotypes 8-3 and 13-2, respectively. The fruit juice content range of the studied genotypes was between 51.22% and 71.87%. Genotype 2-1 had the highest dimension values and the highest 100-berry fresh weight (30.72g) and dry weight (10.00g) fruits. The lowest weights of 100-berry were related to 14-1 and seedless barberry.

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Food Safety and Quality Control, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

Genotypes 5-2 had the highest pulp percentage (98.17%) and the lowest seed percentage (1.50%) and 10-1 had the lowest pulp percentage (51.93%) and the highest seed percentage (48.07%). The highest number of set seeds (1.73) and the lowest number of aborted seeds (zero) were found in (10-1) and (14-2), respectively. Based on the results, seedless barberry had the lowest number of set seeds (0.00) and the highest number of aborted seeds (3.27). Regarding fruit color indices, genotypes showed significant variability from orange to brown and dark blue. Color indices L*, a* and b* ranged (from 22.83 to 38.13), (2.31 to 37.76) and (1.18 to 2.28), respectively.

Conclusion

In conclusion, it can be said that all genotypes have considerable variability in fruit traits (color, fruit dimensions, pulp/seed percentage, moisture content, etc.). Based on the result of this study, genotype 5-2 was the most similar genotype to seedless barberry. The seedless barberry populations have low genetic diversity due to asexual propagation through suckers over many years. Indigenous genotypes can be a valuable genetic resource for future breeding programs to improve the quantitative and qualitative characteristics of seedless barberry and introduce new cultivars of seedless barberry with different colors and consequently different nutritional-medicinal properties.

Keywords: Barberry diversity, Medicinal shrub, Seedless barberry, Seedy barberry, Small fruit

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص. ۵۶۲-۵۴۹

ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیکی شانزده ژنوتیپ زرشک بومی ایران

مهسا خدابنده[۱]- مجید عزیزی[۲]*- احمد بالندری[۳]- حسین آروئی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۱

چکیده

زرشک‌ها (*Berberis* spp.) گروه بزرگی از درختچه‌های خاردار همیشه‌سبز یا خزان‌دار متعلق به خانواده زرشک (Berberidaceae) هستند که به دلیل کاربردهای متعدد از قبیل مصارف خوراکی، خواص دارویی اندام‌های مختلف آن‌ها در پزشکی و همچنین بـه عنـوان گیاهـان زینتـی از اهمیـت ویژه‌ای برخوردارند. گونه‌های زرشک با توجه به تنوع زیادی که دارند، یکی از ذخایر توارثی گیاهی ارزشمند کشورمان محسوب می‌شوند. یکی از اقدامات اولیه در مورد به‌نژادی و بهبود کیفی محصول زرشک بی‌دانه، شناسایی و جمع‌آوری انواع ژنوتیپ‌های وحشی بـی‌دانـه و دانـه‌دار زرشـک مـی‌باشـد. در پژوهش حاضر شانزده ژنوتیپ زرشک بومی ایران (زرشک بی‌دانه و پانزده ژنوتیپ دانه‌دار) از لحاظ برخی خصوصیات فیزیکی ارزیابی گردید. دامنه مقادیر این صفات شامل طول خوشه (۶/۲۹ – ۱/۶۷ سانتی‌متر)، تعداد حبه در خوشه (۲۳/۹۰- ۴/۶۷ عدد)، طول حبـه (۱۱/۸۷- ۷/۶۶ میلـی‌متـر)، قطـر حبـه (۷/۳۹- ۴/۷۴ میلی‌متر)، تعداد بذور سالم (۱/۷۳- ۰ عدد)، تعداد بذور سقط شده (۳/۲۷- ۰ عدد) در حبه، وزن صد حبـه تـازه (۳۰/۷۲- ۱۰/۸۹ گـرم) و خشک (۱۰/۰۰- ۳/۳۲ گرم)، درصد گوشت (۹۸/۱۷- ۵۱/۹۳ درصد) و درصد بذور (۴۸/۰۷- ۱/۵۰ درصـد)، درصـد آب‌میـوه (۷۱/۸۷- ۵۱/۲۲ درصـد)، درصد رطوبت (۱۱/۸۴- ۸/۲۰ درصد) و شاخص‌هـای رنـگ L (۳۸/۱۳- ۲۲/۸۳)، a (۳۷/۷۶- ۲/۳۱) و b (۲۱/۵۲- ۳/۲۳-) تعیـین شـد. رنـگ میـوه ژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی بسیار متنوع و از رنگ نارنجی تا قهوه‌ای و آبی تیره متغیر بودند. ژنوتیپ ۲-۵ بیشترین شباهت را از لحاظ ویژگی‌هـای فیزیکی به زرشک بی‌دانه داشت. در مجموع می‌توان اظهار نمود که ژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی از نظر خصوصیات میوه (رنگ، ابعـاد حبـه، درصـد گوشت و بذر و غیره) تنوع قابل توجهی داشته و مواد ژنتیکی ارزشمندی جهت پژوهش‌های به‌نژادی آینده در زمینـه بهبـود خصوصـیات کمـی و کیفـی ریزمیوه زرشک می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تنوع زرشک، درختچه دارویی، ریزمیوه، زرشک بی‌دانه، زرشک دانه‌دار

مقدمه

جنس زرشک (*Berberis*)، بزرگ‌ترین جـنس خـانواده زرشـک (Berberidaceae) است. این تیره گیاهی شامل بـیش از ۶۶۰ گونـه بوده (Fallahi *et al*., 2010) و بومی مناطق معتدل و نیمـه‌اسـتوایی اروپا، آسـیا، آفریقـا، آمریکـای شـمالی و آمریکـای جنـوبی مـی‌باشـد (Tavakoli *et al*., 2021). انواع زرشک در اکثـر کشـورهای جهـان بیشتر به عنوان یک گیاه دارویی و زینتی شناخته می‌شود. زرشک‌های دانه‌دار پراکنش وسیعی در سـطح کشـور دارنـد و بـه دلیـل مصـارف غذایی، دارویی و زینتی از اهمیـت زیـادی برخوردارنـد (Balandari, 2002).

تعیین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی به عنوان مبنایی برای طراحی ماشین‌های برداشت و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی، فـرآوری و همچنین جهت برنامه های به‌نـژادی بـه منظـور دسـتیابی بـه ارقـام پرمحصول یا دارای خصوصیات ویژه میوه همیشه مـورد توجـه بـوده است (Nazaripur *et al*., 2011). دسترسی به اطلاعات علمی درباره ویژگی‌های فیزیکی انـواع زرشـک جهـت طراحـی بهینـه تجهیـزات انبارداری، حمل و نقل، فرآوری و بسته‌بندی ضروری به نظر می‌رسـد.

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیـب دانشـجوی دکتـری، اسـتاد و دانشـیار گـروه علـوم باغبـانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: azizi@um.ac.ir)
۳- استادیار گروه ایمنی و کنترل کیفیـت مـواد غـذایی، موسسـه پژوهشـی علـوم و صنایع غذایی مشهد

DOI: 10.22067/jhs.2021.58409.0

تاکنون محققان متعددی ویژگی‌های فیزیکی را در انواع محصولات گزارش کرده‌اند (Velayatiet *et al.*, 2011). فتح‌الله‌زاده و همکاران (Fathollahzadeh *et al.*, 2008) خواص فیزیکی زرشک بی‌دانه محصول کرج را در پنج طیف محتوای رطوبتی بررسی و گزارش کردند که با افزایش رطوبت، ضریب کرویت، وزن و چگالی توده زرشک افزایش و تخلخل آن کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر ولایتی و همکاران (Velayatiet *et al.*, 2011) برخی خواص فیزیکی زرشک بی‌دانه شامل ابعاد، قطر متوسط هندسی، جرم هزار دانه و چگالی توده را تحت تاثیر تغییرات محتوای رطوبتی میوه مورد مطالعه قرار دادند. فرهادی چیتگر و همکاران (Farhadi *et al.*, 2014) به بررسی فیزیکوشیمیایی سه گونه زرشک وحشی (زرافشانی، زالزالکی و بی‌دانه) از شهرستان‌های شیروان و بیرجند پرداختند و خصوصیاتی مانند ابعاد، وزن، حجم، چگالی، نسبت وزن دانه به وزن کل میوه و رنگ را در میوه تازه اندازه‌گیری کردند. این پژوهشگران همچنین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی زرشک سیاه (*Berberis crataegina*) را مورد مطالعه قرار دادند و درصد رطوبت میوه را ۷۰/۹۸ درصد گزارش نمودند (Farhadi et al., 2012).

طالبی و همکاران (Talebi *et al.*, 2020) نیز در پژوهشی برخی خصوصیات فیزیکی و ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌های زرشک مناطق شمال‌شرقی ایران را شامل طول خوشه، ابعاد حبه، وزن و حجم خشک و تازه صد حبه مورد بررسی قرار دادند.

با توجه به این‌که زرشک بی‌دانه به طریقه غیرجنسی (پاجوش) تکثیر می‌شود، تنوع ژنتیکی جمعیت‌های زرشک پایین بوده و در واقع اکثر آن‌ها کلون هستند (Alemardan *et al.*, 2013). مطالعه تنوع ژنوتیپ‌های بومی هر منطقه یکی از اقدامات اولیه در شناسایی ظرفیت‌های موجود در این گونه گیاهی به منظور بهره‌برداری در راستای انجام عملیات اهلی‌کردن و به‌نژادی می‌باشد (Pirkhezri *et al.*, 2022). در این راستا پژوهش‌های محدودی در مورد تنوع زرشک در ایران انجام گرفته است؛ لذا در این تحقیق خصوصیات فیزیکی و رنگ میوه شانزده ژنوتیپ زرشک بومی جمع‌آوری شده از استان‌های شرقی ایران مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا شانزده ژنوتیپ شاخص از میان بیش از ۳۰ ژنوتیپ بومی موجود در باغ کلکسیون زرشک واقع در موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی مشهد (ویژگی‌های اقلیمی مشهد در جدول ۱ آورده شده است) انتخاب شد؛ سپس سه درختچه (با سن تقریبی ۱۸ سال) از هر ژنوتیپ به عنوان سه تکرار در نظر گرفته شد. نمونه برداری در مرحله رسیدگی کامل میوه‌ها در آبان‌ماه سال ۱۳۹۴، سال کم‌بار (Off-Year) صورت گرفت. باتوجه به اینکه زاویه و میزان تابش نور خورشید به قسمت‌های مختلف درختچه در سرعت رنگ‌گیری و رسیدگی میوه‌ها و در نتیجه میزان مواد موثره آن‌ها موثر می‌باشد، نمونه‌برداری از قسمت‌های بالا و پایین شاخه‌های چهار سمت درختچه، به صورت تصادفی و به روش خوشه‌چینی با دست انجام شد. پس از جمع‌آوری، میوه‌ها به سردخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافت.

تعیین رنگ میوه

به منظور تعیین رنگ میوه تازه از مدل رنگی CIE Lab بهره گرفته شد. این مدل استانداردی جهانی برای اندازه‌گیری رنگ بوده و شامل شاخص‌های L^*، a^* و b^* می‌باشد. برای این منظور سه عدد پتری‌دیش توسط میوه‌های هر ژنوتیپ پر شد به طوری‌که تـه ظرف توسط میوه‌ها کاملاً پوشانده شد. سپس با استفاده از دستگاه کالری‌متر (Konica Minolta Chroma Meters CR-410) ضرایب مورد نظر تعیین شد. از هر ژنوتیپ سه نمونه و در هر نمونه سه قرائت انجام شد.

تعیین طول خوشه، تعداد حبه در خوشه و ابعاد حبه

بدین منظور ده خوشه میوه به صورت تصادفی از هر تکرار انتخاب و طول آن‌ها به وسیله خط‌کش و تعداد حبه در خوشه به وسیله شمارش، تعیین شد. برای تعیین ابعاد حبه، طول و قطر ۱۰ حبه تصادفی در هر تکرار توسط کولیس دیجیتال با دقت (۰/۰۱ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد.

تعیین درصد آب‌میوه

به منظور تعیین درصد آب میوه ابتدا حدود ۳ گرم میوه تازه (با سه تکرار) با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ ± گرم وزن شد (W_1) پس از آن، میوه‌ها به خشک‌کن منتقل شده و در شرایط سایه و دمای اتاق هواخشک گردیدند. میوه‌های هواخشک‌شده مجددا توزین شدند (W_2). سپس با استفاده از فرمول (۱) درصد آب موجود در میوه‌ها تعیین گردید.

$$\text{(Juice \%)}\ \text{درصد آب میوه} = \frac{W_1\text{-}W_2}{W_2}\times 100 \qquad (۱)$$

تعیین درصد رطوبت

محتوای رطوبتی نمونه‌های زرشک هواخشک شده با خشک کردن سه گرم از هر تکرار در هر ژنوتیپ، در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین گردید (Fallahi *et al.*, 2010). بدین صورت که با قرار دادن وزن اولیه نمونه‌ها (سه گرم) (W_1) و وزن آن‌ها پس از خروج از آون (W_2) در فرمول (۲)، درصد رطوبت نمونه‌ها به دست آمد.

$$\text{(Moisture \%)}\text{درصد رطوبت} = \frac{W_1\text{-}W_2}{W_1}\times 100 \qquad (۲)$$

جدول ۱- مشخصات اقلیمی شهر مشهد

Table 1- Climatic parameters of Mashhad

شاخص Parameter	مقدار Value
طول جغرافیایی Longitude	59°38'E
عرض جغرافیایی Latitude	36°16'N
ارتفاع از سطح دریا Elevation (meters above mean sea level) (m)	999.20
میانگین حداقل دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد) (۲۰۰۵- ۱۹۵۱) Average annual minimum temperature (C°) (1951-2005)	7.10
میانگین حداکثر دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد) (۲۰۰۵- ۱۹۵۱) Average annual maximum temperature (C°) (1951-2005)	21.10
میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد) (۲۰۰۵- ۱۹۵۱) Average annual temperature (C°) (1951-2005)	14
میانگین فشار بخار سالیانه (درجه سانتی‌گراد) (۲۰۰۵- ۱۹۵۱) Average annual vapor pressure (HPA) (1951-2005)	8.27
میانگین درصد رطوبت نسبی سالیانه (درصد) (۲۰۰۵- ۱۹۵۱) Average annual relative humidity (%) (1951-2005)	55
میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر) (۲۰۰۰-۱۹۵۱) Average annual precipitation (mm) (1951-2005)	257.43
جهت باد غالب Dominant wind direction	غرب به شرق (West to East)
مجموع سالانه ساعات آفتابی (ساعت) Total annual sunshine duration (h)	2500

* **منبع**: منابع ۷ و ۱۰

تعیین درصد وزنی گوشت و بذر

به منظور تعیین درصد گوشت و درصد بذر، میوه‌ها به خشک‌کن منتقل شده و در شرایط سایه و دمای اتاق هواخشک گردیدند. سپس از هر ژنوتیپ سه نمونه ۳ گرمی به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ ± گرم توزین شد (W_1) و پس از خروج بذور، وزن نمونه‌ها مجدداً مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (W_2). درصد وزنی گوشت و بذر طبق فرمول ۳ و ۴ محاسبه گردید:

$$\text{(Seed \%)}\ \text{درصد وزنی بذر} = \frac{W_1\text{-}W_2}{W_1}\times 100 \qquad (۳)$$

$$\text{(pulp\%)}\ \text{درصد وزنی گوشت} = 100 - \text{درصد وزنی بذر} \qquad (۴)$$

تعیین تعداد بذور تشکیل شده و سقط شده

جهت شمارش تعداد بذور تشکیل شده (سالم) و بذور سقط شده در حبه، تعداد ۱۰ حبه زرشک از هر تکرار در هر ژنوتیپ به صورت تصادفی انتخاب شد و تعداد بذور سالم و سقط شده آن‌ها شمارش گردید.

تعیین وزن صد حبه تازه و خشک

وزن صد حبه زرشک تازه و خشک در سه تکرار از هر ژنوتیپ، توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱± گرم اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده ها در قالب طرح کاملاً تصادفی، توسط نرم‌افزار مینی‌تب (Minitab) نسخه ۱۶ با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد توسط آزمون Bonferroni انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت.

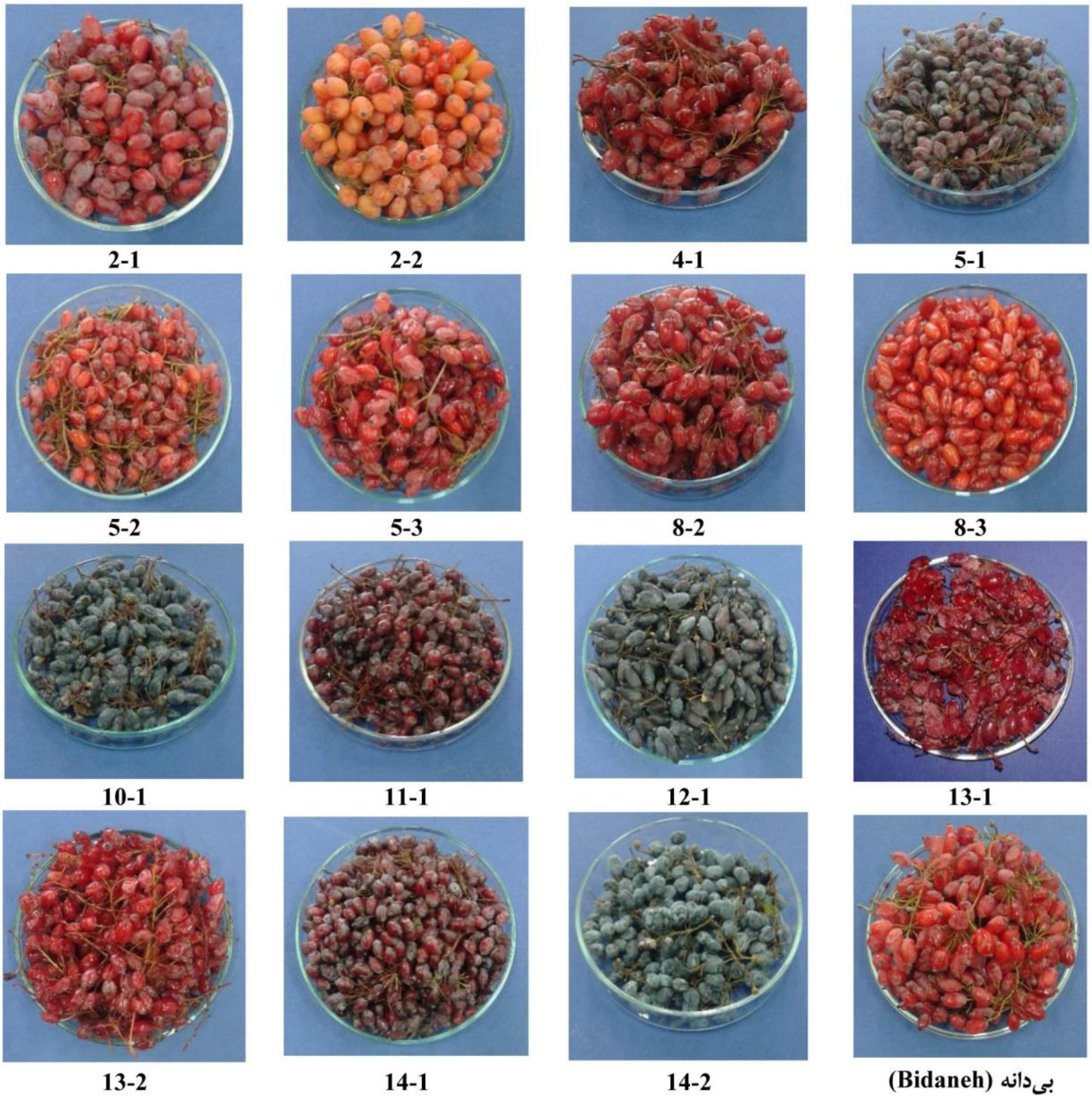
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیکی شانزده ژنوتیپ زرشک مورد بررسی

Table 2- Analysis of variance of physical characteristics in the sixteen evaluated barberry genotypes

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی DF	درصد گوشت Pulp percentage	درصد بذر Seed percentage	درصد آب‌میوه Fruit juice percentage	درصد رطوبت Moisture percentage	طول خوشه Cluster length	تعداد حبه در خوشه Number of berries/cluster	طول حبه Berry length	قطر حبه Berry diameter	تعداد بذور تشکیل‌شده Number of set seeds	تعداد بذور سقط‌شده Number of aborted seeds	وزن صد حبه تازه 100-berry fresh weight	وزن صد حبه خشک 100-berry dry weight	L*	a*	b*
ژنوتیپ Genotype	15	552.09**	554.39**	134.50**	3.39 **	6.44**	66.16**	5.81**	1.55**	0.79**	3.18**	112.37**	9.98**	64.68**	328.27**	133.56**
خطا Error	32	4.29	4.36	4.66	0.87	0.18	6.28	0.10	0.10	0.05	0.07	4.35	0.27	2.21	1.76	0.35
کل Total	47															

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant, and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.



شکل ۱- تنوع رنگ میوه در شانزده ژنوتیپ زرشک مورد بررسی

(کدهای اشاره شده،کدهای هرباریومی ثبت شده در موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی مشهد می‌باشند.)

Figure 1- Color diversity in the sixteen evaluated barberry genotypes

(Figure codes are based on herbarium codes in the Research Institute of Food Science and Technology.)

شاخص‌های رنگ

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته بر روی خصوصیات فیزیکی میوه ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشخص گردید که تفاوت رنگ میوه تازه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی معنی‌دار بوده و از نارنجی تا قهوه‌ای و آبی تیره متغیر است (شکل ۱).

چنین تنوع رنگی در میوه زرشک حاکی از اختلاف قابل توجه در ترکیبات آنتوسیانین موجود در میوه‌های ژنوتیپ‌های مختلف بوده و در نتیجه از نظر ارزش غذایی و دارویی نیز بین ژنوتیپ‌ها اختلاف قابل توجهی مورد انتظار است (Alemardan *et al*., 2013). از طرف دیگر می‌توان امیدوار بود که در آینده با انجام عملیات بهنژادی زرشک‌هایی بی‌دانه با رنگ‌های مختلف به دست آورد که در صنایع غذایی به عنوان منابع جدید رنگ‌های طبیعی کاربرد داشته باشند (Alizadeh-Sani *et al*., 2021). همان‌گونه که در جدول ۳ آورده شده است، شاخص *L بین۲۲/۸۳و ۳۸/۱۳، شاخص *a بین ۲/۳۱ و ۳۷/۷۶ و شاخص *b بین ۳/۲۳- و ۲۱/۵۲ در ژنوتیپ‌های مورد بررسی متغیر بود. گرجیان و همکاران (Gorjian *et al*., 2011) مقادیر L (بین ۲/۰۱ تا ۲/۶۳)، a (بین ۱/۱۸ تا ۲/۲۸) و b (بین ۳/۸۵

تا ۹/۷۹) را برای زرشک بی‌دانه تحت شرایط مختلف خشک‌کردن گزارش کردند. آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) نیز مقادیر L (۱۷/۰۵)، a (۲/۰۶) و b (۰/۲۰-) را در زرشک *B. vulgaris* گزارش نمودند. همچنین ییلدیز و همکاران (Yildiz *et al.*, 2014) مقادیر L (بین ۹/۷۰ تا ۱۴/۱۰)، a (بین ۳/۱۴ تا ۶/۱۵) و b (بین ۱/۸۵ تا ۴/۴۱) را در ۱۹ ژنوتیپ زرشک (*B. vulgaris*) تعیین کردند.

جدول ۳- شاخص‌های رنگ میوه تازه در شانزده ژنوتیپ زرشک مورد بررسی

Table 3- The fresh fruit color indices in the sixteen evaluated barberry genotypes

ژنوتیپ Genotype	شاخص‌های رنگ Color indices		
	L*	a*	b*
Bidaneh	30.20[b]	30.62[b]	9.14[cd]
2-1	30.74[b]	27.67[bc]	7.86[c-e]
2-2	38.13[a]	35.70[a]	21.52[a]
4-1	27.45[b-d]	25.98[c]	7.68[c-e]
5-1	22.83[d]	16.77[d]	2.11[f]
5-2	30.84[b]	27.56[bc]	9.53[c]
5-3	30.47[b]	26.95[bc]	8.22[c-e]
8-2	31.23[b]	26.49[bc]	7.39[de]
8-3	41.29[a]	37.76[a]	17.97[b]
10-1	27.63[bc]	6.51[e]	-1.58[g]
11-1	23.34[cd]	19.29[d]	2.74[f]
12-1	26.71[b-d]	4.46[e]	-2.12[g]
13-1	31.39[b]	24.93[c]	7.04[e]
13-2	27.59[b-d]	26.10[c]	7.81[c-e]
14-1	29.80[b]	18.28[d]	2.28[f]
14-2	29.44[b]	2.31[e]	-3.23[g]

میانگین‌های دارای حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون Bonferroni می‌باشند.

The same letters in each column indicate no significant difference based on the Bonferroni test at 5% of probability level.

خصوصیات فیزیکی

آنالیز خصوصیات فیزیکی شانزده ژنوتیپ زرشک در جداول ۴ و ۵ آمده است.

طول خوشه و تعداد حبه در خوشه

بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر صفات طول خوشه و تعداد حبه در خوشه مشاهده شد (جدول ۴). در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ ۳-۵ دارای بیشترین طول خوشه (۶/۲۹ سانتی‌متر) و ژنوتیپ ۱-۱۱ دارای کمترین طول خوشه (۱/۶۷ سانتی‌متر) بودند. همچنین طبق نتایج این بررسی، ژنوتیپ‌های ۱-۱۴ و ۱-۲ به ترتیب با تعداد ۲۳/۹۰ و ۴/۶۷ عدد دارای بیشترین و کمترین تعداد حبه در خوشه بودند.

ابعاد حبه

مقایسه اندازه حبه حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که ژنوتیپ ۱-۲ بیشترین طول حبه (۱۱/۸۷ میلی‌متر) و قطر حبه (۷/۳۹ میلی‌متر)، ژنوتیپ ۱-۱۱ کمترین طول حبه (۷/۶۶ میلی‌متر) و ژنوتیپ ۱-۱۰ کمترین قطر (۴/۷۴ میلی‌متر) را به خود اختصاص دادند. آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) طول (7/69 mm) و قطر (3/51 mm) زرشک *B. vulgaris* را گزارش نمودند.

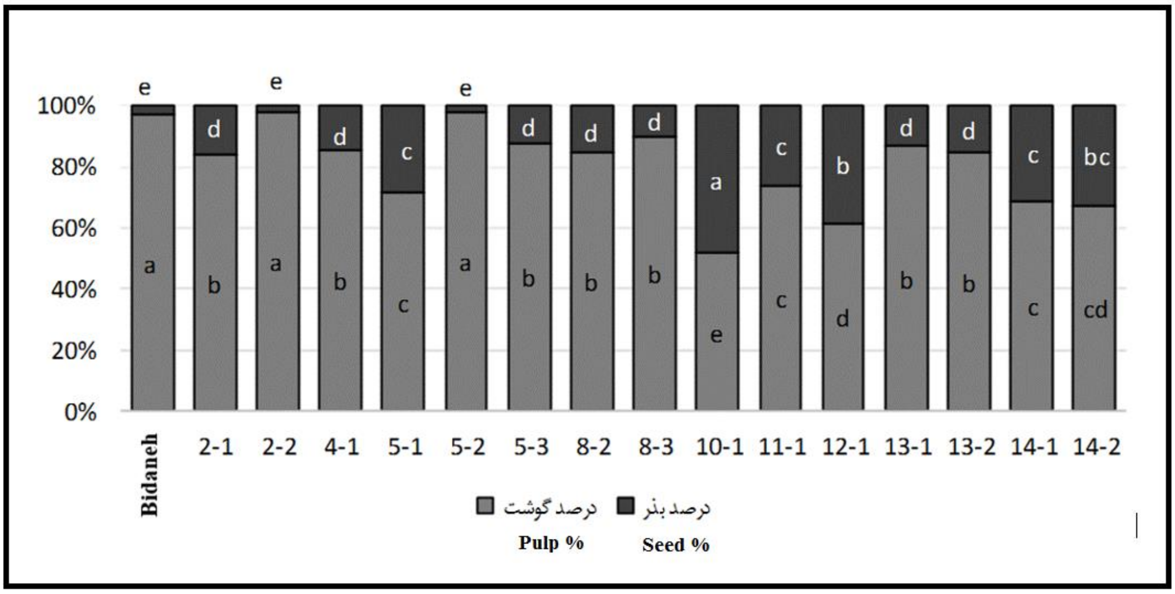
درصد آب‌میوه و محتوای رطوبتی

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته، بین برخی ژنوتیپ‌ها از نظر درصد آب میوه و رطوبت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). طبق نتایج ژنوتیپ ۳-۸ دارای بیشترین درصد آب‌میوه (۷۱/۸۷ درصد) و ژنوتیپ ۱-۱۰ دارای کمترین درصد آب‌میوه (۵۱/۲۲ درصد) و درصد رطوبت (۸/۲۰ درصد) بودند. همچنین ژنوتیپ‌های ۱-۱۲ بیشترین درصد رطوبت (۱۱/۸۴ درصد) را نشان دادند. تاکنون اثبات شده است که ارتباط تنگاتنگی بین محتوای رطوبتی و نگهداری محصولات وجود دارد و بررسی قابلیت نگهداری ژنوتیپ‌های مختلف در انبار نیاز به ارزیابی‌های دیگر دارد. درصد آب‌میوه نیز در تعیین نوع

مصرف میوه موثر می‌باشد. آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) محتوای رطوبتی میوه تازه (درصد آب‌میوه) را در زرشک *B. vulgaris*، ۷۱/۴۲ درصد گزارش کردند.

درصد گوشت و بذر

میانگین درصدگوشت یکی از شاخص‌های تعیین نوع کاربرد خوراکی میوه می‌باشد که در میان ژنوتیپ‌های نامبرده دارای گوناگونی بوده و از ۵۱/۹۳ درصد در ژنوتیپ ۱-۱۰ تا ۹۸/۱۷ درصد در ژنوتیپ ۲-۵ متغیر بود (شکل ۲). درصد بذر در ژنوتیپ‌های نامبرده به ترتیب بیشترین (۴۸/۰۷ درصد) و کمترین (۱/۵۰ درصد) میزان بود. قابل ذکر است درصد بذور موجود در زرشک بی‌دانه به دلیل نزدیکی بوته‌های آن با بوته‌های زرشک دانه‌دار و در نتیجه گرده‌افشانی با آن‌هاست. آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) درصد گوشت زرشک *B. vulgaris* را ۷۵/۵۹ درصد ذکر کردند. زارعی و همکاران (Zarei *et al.*, 2010) گزارش کردند که در ارقام انار مورد مطالعه از نظر درصد بذر به وزن آریل، رقم رباب بیشترین (۱۸/۱۷) درصد و رقم آقایی کمترین (۱۴/۰۷) درصد را دارا بودند. هر چه درصد وزنی دانه در میوه کمتر باشد نشان دهنده پتانسیل رقم مورد نظر به سمت کاهش درصد تشکیل بذر و بی‌دانگی می‌باشد که این موضوع می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی جهت معرفی ارقام بی‌دانه مد نظر قرار گیرد (Gorjian *et al.*, 2011). از طرفی درصد بذر در هر ژنوتیپ، نشان دهنده امکان دورگ‌گیری از آن ژنوتیپ است که می‌توان در تولید ارقام هیبرید از آن‌ها بهره جست.



شکل ۲- درصد وزنی گوشت و بذر شانزده ژنوتیپ زرشک مورد بررسی

Figure 2- The pulp and seed weight percentage of the sixteen evaluated barberry genotypes (Bonferroni test, $p\leq 0.05$).

میانگین تعداد بذور تشکیل شده و سقط شده

نتایج بررسی‌ها حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار میان ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد بذور سقط شده بود (جدول ۴). تعداد بذور سقط شده و تشکیل شده به عوامل متعددی مانند عوامل ژنتیکی، میزان گرده‌افشانی و غیره بستگی دارد. بذور سقط شده در زرشک به صورت بذور بسیار ریز سیاه‌رنگ (بقایای بذور) مشاهده شدند (شکل ۲). بر اساس نتایج، ژنوتیپ ۱-۱۰ دارای بیشترین تعداد بذور تشکیل شده (۱/۷۳ عدد) و ژنوتیپ بی‌دانه دارای کمترین تعداد (۰ عدد) بودند. همچنین بیشترین (۳/۲۷عدد) و کمترین (۰ عدد) تعداد بذور سقط‌شده به ترتیب در ژنوتیپ‌های بی‌دانه و ۲-۱۴ مشاهده شد. کرمر و همکاران (Kremer *et al.*, 2012) تعداد بذر در میوه را در گونه *B. croatica* بین ۱/۲۳ تا ۱/۵۸ عدد و در گونه *B. vulgaris* بین ۱/۳۶ تا ۱/۵۴ عدد گزارش کردند.

موسی‌زاده و همکاران (Moosazadeh *et al.*, 2013) با مطالعه یازده رقم انگور گزارش کردند رقم سمرقندی لطف‌آباد حداکثر تعداد دانه در هر میوه (۳/۳۸ عدد) و رقم پشت‌گل مشهد حداقل تعداد آن (۱/۴۴ عدد) را دارا می‌باشند. ارقامی که توانایی تشکیل بذر کمتری را دارند از جهت بازار پسندی میوه و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی بسیار حائز اهمیت می‌باشند (Nazaripur *et al.*, 2011). ژنوتیپ‌هایی که تعداد بذر سالم بیشتری دارند از سازگاری بالاتری جهت گرده‌افشانی و ترکیب‌پذیری برخوردارند؛ زیرا در این کلکسیون تمامی ژنوتیپ‌ها در نزدیکی یکدیگر قرار داشتند و شرایط گرده‌افشانی آزاد (Open-pollination) برقرار بوده است.

جدول ٤- برخی خصوصیات فیزیکی شانزده ژنوتیپ زرشک مورد بررسی

Table 4- Mean comparison of some fruit physical characteristics in the sixteen evaluated barberry genotypes

ژنوتیپ Genotype	آب‌میوه Fruit juice (%)	رطوبت Moisture (%)	طول خوشه میوه Fruit cluster length (cm)	تعداد حبه در خوشه Number of berry/cluster	طول حبه Berry length (mm)	قطر حبه Berry diameter (mm)	تعداد بذر تشکیل‌شده Number of set seeds	تعداد بذر سقط شده Number of aborted seeds	وزن صد حبه تازه 100- berry fresh weight (g)	وزن صد حبه خشک 100- berry dry weight (g)
Bidaneh	71.16^{ab}	9.44^{ab}	3.33^{c}	16.60^{a-d}	10.28^{c}	6.41^{a-e}	0.00^{b}	3.27^{a}	16.77^{c-e}	3.32^{g}
2-1	66.56^{a-d}	9.12^{ab}	3.70^{c}	4.67^{e}	11.87^{a}	7.39^{a}	1.30^{a}	2.57^{ab}	30.72^{a}	10.00^{a}
2-2	70.46^{a-c}	10.46^{ab}	3.98^{bc}	20.63^{a-c}	9.87^{c}	7.06^{ab}	1.57^{a}	1.37^{c-e}	23.15^{bc}	6.53^{c-e}
4-1	54.77^{fg}	10.65^{ab}	5.70^{a}	18.33^{a-d}	10.26^{c}	6.00^{c-g}	1.57^{a}	1.37^{c-e}	21.58^{b-d}	7.60^{bc}
5-1	56.43^{fg}	10.89^{ab}	2.99^{c-e}	22.57^{ab}	7.93^{d}	5.33^{f-h}	1.47^{a}	0.33^{fg}	11.68^{e}	4.75^{fg}
5-2	64.38^{b-e}	8.42^{b}	4.01^{bc}	18.90^{a-d}	9.72^{c}	5.70^{d-h}	0.03^{b}	3.17^{a}	14.26^{e}	4.54^{fg}
5-3	60.67^{d-f}	11.00^{ab}	6.29^{a}	16.33^{a-d}	10.57^{bc}	6.03^{c-h}	1.17^{a}	2.00^{bc}	21.85^{b-d}	6.85^{c}
8-2	59.10^{ef}	10.12^{ab}	6.09^{a}	19.50^{a-d}	10.56^{bc}	6.08^{b-g}	1.35^{a}	1.58^{c-e}	23.55^{b}	8.51^{ab}
8-3	71.87^{a}	11.15^{ab}	3.78^{c}	22.37^{ab}	11.72^{a}	6.99^{a-c}	1.23^{a}	1.53^{c-e}	26.78^{ab}	7.82^{bc}
10-1	51.22^{g}	8.20^{b}	1.67^{e}	12.33^{de}	8.32^{d}	4.74^{h}	1.73^{a}	0.13^{fg}	11.50^{e}	4.94^{e-g}
11-1	53.92^{fg}	10.79^{ab}	3.29^{cd}	17.80^{a-d}	7.66^{d}	5.11^{gh}	1.40^{a}	0.77^{e-g}	11.16^{e}	4.04^{fg}
12-1	64.07^{c-e}	11.84^{a}	2.81^{c-e}	13.83^{cd}	11.31^{ab}	6.01^{c-g}	1.70^{a}	0.07^{fg}	21.01^{b-d}	6.72^{cd}
13-1	58.11^{e-g}	10.23^{ab}	5.22^{ab}	20.77^{a-c}	10.66^{bc}	6.16^{b-f}	1.33^{a}	1.70^{cd}	23.44^{bc}	7.04^{bc}
13-2	60.44^{d-f}	11.80^{a}	6.21^{a}	18.63^{a-d}	10.69^{bc}	6.52^{a-d}	1.23^{a}	1.93^{bc}	22.70^{bc}	7.68^{bc}
14-1	51.94^{g}	9.84^{ab}	3.53^{c}	23.90^{a}	8.35^{d}	5.48^{e-h}	1.27^{a}	0.87^{d-f}	10.89^{e}	5.03^{ef}
14-2	64.28^{b-e}	10.43^{ab}	1.95^{de}	15.20^{b-d}	7.98^{d}	5.72^{d-h}	1.67^{a}	0.00^{g}	15.88^{de}	5.10^{d-f}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون Bonferroni می‌باشند.

The same letters in each column indicate no significant difference based on the Bonferroni test at 5% of probability level.



شکل ۳- بذور سالم (سمت راست) و بذر سقط‌شده (سمت چپ) در یکی از ژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی

Figure 3- Set seeds (right) and aborted seed (left) in one of the evaluated barberry genotypes

تعداد بذور اندک تشکیل‌شده در زرشک بی‌دانه نیز به همین دلیل می‌باشد، که نشان دهنده قابلیت ترکیب‌پذیری و تلاقی زرشک بی‌دانه با سایر ژنوتیپ‌هاست که می‌توان جهت عملیات اصلاحی از آن بهره گرفت. تعداد بذور سقط‌شده همچنین می‌تواند حاکی از ناسازگاری یا سایر عوامل باشد که باید مورد بررسی قرار گیرد.

وزن صد حبه تازه و خشک

در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر وزن صد حبه تازه و خشک، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). طبق نتایج ژنوتیپ ۱-۲ با میانگین ۳۰/۷۲ و ۱۰/۰۰ گرم به ترتیب دارای بیشترین وزن صد حبه تازه و خشک بود. کمترین میزان وزن صد حبه تازه (g ۱۰/۸۹) و خشک (g ۳/۳۲) نیز به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۱-۱۴ و بی‌دانه بود. ییلدیز و همکاران (Yildiz *et al*., 2014) وزن هر حبه زرشک بی‌دانه را بین ۸/۷۰ تا ۳۶/۱۰ گرم گزارش نمودند. توکلی و همکاران (Tavakoli *et al*., 2021) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های دانه‌دار زرشک از ۵ منطقه استان کرمان، وزن صد میوه تازه را بین ۲/۹۱ تا ۳/۶۶ گرم گزارش کردند. موسی‌زاده و همکاران (Moosazadeh *et al*., 2013) بیان کردند که وزن حبه یکی از صفات مهم کیفی می‌باشد که در ارتباط با مقاومت به له‌شدگی و اتصال محکم حبه به خوشه قرار داشته و اهمیت زیادی در برنامه به‌نژادی انگور تازه‌خوری دارد. از ارقامی که دارای وزن و حجم بیشتری می‌باشند می‌توان در کارهای دورگ‌گیری به عنوان والد مادری، به منظور به‌نژادی ارقامی با میوه‌های درشت‌تر استفاده کرد.

همبستگی بین صفات

ضریب همبستگی بین دو متغیر، شدت رابطه بین آن دو متغیر را نشان می‌دهد و بین ۱+ و ۱- متغیر است. عدم وجود همبستگی دلیل بر عدم وجود رابطه نمی‌باشد. لذا در برخی موارد که اندازه‌گیری یک صفت پرهزینه، پیچیده، زمان‌بر و مشکل است می‌توان از صفات دیگر که همبستگی‌های معنی‌دار بالایی با صفت مزبور دارند برای اندازه‌گیری غیر مستقیم آن صفت استفاده کرد (Zarei *et al*., 2010). در این پژوهش ضرایب همبستگی بین ۱۵ صفت در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری شده که در جدول ۵ آورده شده است. ضرایب همبستگی ساده بین صفات نشان می‌دهد که بین برخی از صفات اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری وجود دارد. برای مثال درصد گوشت با درصد بذر همبستگی منفی بسیار معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارد. بنابراین با کاهش تعداد بذر و به بیان دیگر با توسعه پارتنوکارپی در زرشک می‌توان انتظار داشت که درصد گوشت میوه‌ها افزایش یافته و کیفیت میوه بهبود یابد.

درصد آب‌میوه با درصد گوشت همبستگی مثبت (متوسط) و با درصد بذر همبستگی منفی (متوسط) داشت. این بدان معنی است که با کاهش تعداد بذر می‌توان انتظار داشت که درصد آب‌میوه افزایش پیدا کند و به بیان دیگر عملکرد محصول افزایش یابد.

بین طول حبه با درصد آب‌میوه و تعداد بذور سقط شده همبستگی مثبت (متوسطی) وجود داشت. طبق نتایج این پژوهش، قطر حبه با درصد گوشت، درصد آب‌میوه و وزن صد حبه خشک همبستگی مثبت (نسبتا بالایی) داشت ولی با درصد بذر همبستگی منفی (نسبتا بالایی) را نشان داد.

بر اساس بررسی‌ها، وزن صد حبه تازه با ابعاد حبه و وزن صد حبه خشک همبستگی مثبت بالایی دارد. همچنین وزن تر صد حبه همبستگی مثبت (متوسطی) را با درصد آب‌میوه نشان داد. وزن صد حبه خشک نیز با طول حبه همبستگی مثبت نسبتا بالایی را نشان داد. موسی‌زاده و همکاران (Moosazadeh *et al*., 2013) همبستگی بین وزن حبه با طول و قطر به ترتیب معادل با ۰/۹۴ و ۰/۹۰ گزارش کردند که در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

بین تعداد بذور تشکیل شده با درصد گوشت همبستگی منفی (متوسط) و بین تعداد بذور تشکیل شده و درصد بذر همبستگی مثبت (متوسط) مشاهده شد. نتایج نشان داد که تعداد بذور سقط‌شده با درصد گوشت همبستگی مثبت بالا و با درصد بذر و تعداد بذور تشکیل‌شده همبستگی منفی بالایی دارند. همچنین تعداد بذورسقط شده با قطر حبه همبستگی مثبت (متوسطی) داشت.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات فیزیکی اندازه‌گیری شده در شانزده ژنوتیپ زرشک مورد بررسی

Table 5- Correlation coefficients between physical characteristics in the sixteen evaluated barberry genotypes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1- درصد آب میوه Fruit juice %	1														
2- درصد رطوبت Moisture %	0.10^{ns}	1													
3- درصد گوشت Pulp %	0.61^{**}	-0.01^{ns}	1												
4- درصد بذر Seed %	-0.61^{**}	0.01^{ns}	-1.00^{**}	1											
5- طول خوشه Cluster length	-0.03^{ns}	0.34^{ns}	0.58^{**}	-0.58^{**}	1										
6- حبه در خوشه Berry/cluster	-0.14^{ns}	0.32^{ns}	0.23^{ns}	-0.23^{ns}	0.25^{ns}	1									
7- طول حبه Berry length	0.57^{**}	0.21^{ns}	0.49^{ns}	-0.49^{ns}	0.50^{**}	-0.27^{ns}	1								
8- قطر حبه Berry diameter	0.78^{*}	0.21^{ns}	0.65^{*}	-0.65^{*}	0.36^{ns}	-0.18^{ns}	0.80^{*}	1							
9- تعداد بذور تشکیل شده Set seeds No.	-0.39^{ns}	0.40^{ns}	-0.63^{*}	0.63^{*}	-0.13^{ns}	-0.09^{ns}	-0.16^{ns}	-0.14^{ns}	1						
10- تعداد بذور سقط شده Aborted seeds No.	0.47^{ns}	-0.32^{ns}	0.84^{*}	-0.84^{*}	0.48^{ns}	-0.09^{ns}	0.52^{**}	0.52^{**}	-0.83*	1					
11- وزن صد حبه تازه 100-berry fresh weight	0.56^{**}	0.26^{ns}	0.47^{ns}	-0.47^{ns}	0.51^{**}	-0.30^{ns}	0.90^{*}	0.88^{*}	0.10^{ns}	0.38^{ns}	1				
12- وزن صدحبه خشک 100-berry dry weight	0.18^{ns}	0.25^{ns}	0.19^{ns}	-0.19^{ns}	0.53^{**}	-0.30^{ns}	0.74^{*}	0.660*	0.36^{ns}	0.15^{ns}	0.89^{*}	1			
13- L^{*}	0.67^{*}	-0.05^{ns}	0.54^{**}	-0.54^{**}	0.15^{ns}	0.18^{ns}	0.52^{**}	0.68^{*}	-0.14^{ns}	0.33^{ns}	0.57^{**}	0.36^{ns}	1		
14- a^{*}	0.48^{ns}	0.01^{ns}	0.89^{*}	-0.89^{*}	0.59^{**}	0.28^{ns}	0.53^{**}	0.67^{*}	-0.46^{ns}	0.75^{*}	0.53^{**}	0.33^{ns}	0.62^{*}	1	
15- b^{*}	0.61^{**}	0.06^{ns}	0.84^{*}	-0.84^{*}	0.44^{ns}	0.29^{ns}	0.50^{**}	0.71^{*}	-0.30^{ns}	0.58^{**}	0.55^{**}	0.32^{ns}	0.78^{*}	0.93^{*}	1

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant, and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

در مورد شاخص‌های رنگ، شاخص *L با شاخص‌هـای *a و *b همبستگی مثبت نسبتا بالایی را نشان داد. شاخص b نیز بـا شـاخص *a همبستگی مثبت بالایی داشت.

نتیجه‌گیری

بر اساس این مطالعه دامنه وسیعی از تغییرات در بین ژنوتیپ‌هـای زرشک مورد بررسی از نظر صفات اندازه‌گیری شده مشاهده گردید کـه حاکی از پتانسیل ژنتیکی بالای این ژنوتیپ‌ها برای استفاده در برنامه-های به‌نژادی زرشک بی‌دانه در آینده می‌باشد. ژنوتیپ ۲-۵ بیشـترین شباهت را از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی به زرشک بی‌دانـه داشـت. بـا توجه به این‌کـه زرشـک بـی‌دانـه طـی سـالیان طـولانی بـه طریقـه غیرجنسی (پاجوش) تکثیر شده است تنوع ژنتیکی جمعیت‌های موجود پایین بوده و در واقـع اکثـر آن‌هـا کلـون هسـتند لـذا تنـوع ژنتیکـی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش می‌توانـد زمینـه مناسـبی را جهت به‌نژادی زرشک بی‌دانه از طریق ایجـاد کولتیوارهـای جدیـد بـا رنگ‌ها و خصوصیات دارویی-غذایی متنوع فراهم کند.

منابع

1- Akbulut, M., Coklar, H., Calisir, S., & Marakoglu, T. (2009). Some physico-mechanical and nutritional properties of barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits. *Journal of Food Process Engineering* 32: 497-511. https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00229.x.

2- Talebi, S., Alizade, M., Ramezanpour, S. S., & Ghasemnejad, A. (2020). Study of morphological characteristics of different *Berberis spp*. genotypes in northeast of Iran. *Journal of Plant Production Research 27*(1): 75-91. (In Persian). https://dx.doi.org/10.22069/jopp.2020.15524.2396.

3- Alizadeh-Sani, M., Tavassoli, M., Mohammadian, E., Ehsani, A., Khaniki, G. J., Priyadarshi, R., & Rhim, J. W. (2021). pH-responsive color indicator films based on methylcellulose/chitosan nanofiber and barberry anthocyanins for real-time monitoring of meat freshness. *International Journal of Biological Macromolecules* 166: 741-750. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.231.

4- Alemardan, A., Asadi, W., Rezaei, M., Tabrizi, L., & Mohammadi, S. (2013). Cultivation of Iranian seedless barberry (Berberis integerrima 'Bidaneh'): A medicinal shrub. *Industrial Crops and Products* 50: 276-287. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.061.

5- Fallahi, J., Rezvani Moghaddam, P., & Nassiri Mohalati, M. (2010). Effect of harvesting date on quantitative and qualitative characteristics of seedless barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruit. *Iranian Journal of Field Crops Research 8*(2): 225-234. (In Persian)

6- Farhadi, C.M., Varidi, M., Varidi, M.J., & Shahidi, F. (2014). Evaluation of physical and chemical characteristics of three Iranian barberry species. *Journal of Food Research (Agricultural Science) 24*(1): 63-75. (In Persian)

7- Farhadi, C.M., & Varidi, M. (2012). *Investigation of some physicochemical properties of black barberry*. National Conference of Natural Products and Medicinal Plants, North Khorasan University of Medical Sciences. 3-4 Oct. 2012. Bojnord, Iran. (In Persian)

8- Fathollahztadeh, H., Mobli, H., Jafari, A., Rajabipour, A., Ahmadi, H., & Mohammad Borghei, A. (2008). Effect of moisture content on some physical properties of barberry. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science 3*(5): 789-794.

9- Gorjian, Sh., Tavakkoli, T., Khoshtaghaza, M.H., & Nikbakht, A.M. (2011). Drying kinetics and quality of barberry in a thin layer dryer. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13: 303-314.

10- Kremer, D., Jurišić Grubješić, R., Popović, Z., & Karlović, K. (2012). Fruit and seed traits of *Berberis croatica* Horvat and *Berberis vulgaris* L. *Acta Botanica Croatica 71*(1): 115-123.

11- Balandari, A. (2002). *The importance and historical background of barberry*. p. 19-35. In M. Kafi *et al*. (ed.) Berberis, Production and Processing. Part 1. 1st ed. Zaban va Adab. Mashhad. (In Persian)

12- Meteorological data bank of Iran hydrology website available at http://www.iranhydrology.net/meteo.asp (visited 14 November 2016).

13- Moosazadeh, R., Shoor, M., Davarinezhad, Gh., & Mokhtaryan, A. (2013). Identity of some grape cultivars based on fruits and their seeds morphological characteristic. *Journal of Plant Environmental Physiology 7,4*(28): 1-9. (In Persian)

14- Nazaripur, Z., Haghighi, S., Jalilian tabar, F., & Nejat lorestani, A. (2011). *Investigation of some physical properties of barberry*. 2nd Annual scientific congress of Razi University, 11-14 Dec. 2011. Kermanshah, Iran. (In Persian)

15- Pirkhezri, M. (2022). Investigation of Genetic Diversity of Some Wild Barberry Genotypes (*Berberis spp.*) in Alborz and Tehran Provinces Using Morpho-pomological Markers. *Journal of Horticultural Science 36*(1): 177-191. (In Persian)

16- Statistical data of the synoptic stations of Iran, *Climatology Research Institute*. Available at http://cri.ac.ir/files/Data/Synoptic%20Data%20up%20to%20l2005/MASHHAD (visited 14 November 2016).

17- Tavakoli, K.I., Nakhaei, F., Mosavi, S., & Seghatoleslami, M. (2021). Variations in phytochemical properties of seedy barberry *Berberis integerrima* L. grown in different habitats of Kerman. *Iranian Journal of Plant Physiology 11*(4): 3779-3788.
18- Velayati, E., Emadi, B., Khojastehpour, M., & Saidirad, M.H. (2011). The effect of moisture content on physical properties of *Berberis*. *Journal of Agricultural Machinery Engineering 1*(1): 1-9. (In Persian)
19- Yildiz, H., Ercisli, S., Sengul, M., Topdas, E.F., Beyhan, O., Cakir, O., Narmanlioglu, H.K., & Orhan, E. (2014). Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant characteristics of non-sprayed barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits from Turkey. *Erwerbs- Obstbau 56*(4): 123-129. https://doi.org/10.1007/s10341-014-0216-4.
20- Zarei, M., & Azizi, M. (2010). Evaluation of some physicochemical characteristics of six Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars fruit at ripening stage. *Journal of Horticulture 24*(2): 175-183. (In Persian)